

## NÁKLADY FORMOVACÍCH SMĚSÍ Z POHLEDU PROJEKTU IX

### COST SAND MIXTURE ON THE BASIS OF PROJECT IX

V. NYKODÝMOVÁ<sup>1</sup>, V. KAFKA<sup>2</sup>, V. KNIRSCH, R. MARTINÁK<sup>3</sup>, V. SZMEK, M.  
NOVOBÍLSKÝ<sup>4</sup>, D. DOUPOVEC, K. ŘEHÁČKOVÁ<sup>5</sup>, I. LÁNA, R. JOCHIM<sup>6</sup>, P. VESELÝ, K.  
ŘEHŮRKOVÁ<sup>7</sup>, J. VOLEK<sup>8</sup>, A. NEUDERT<sup>9</sup>, J. FOŠUM<sup>10</sup>, J. PAZDERKA<sup>11</sup>

**ABSTRAKT:** Článek seznamuje s Projektem IX – Rozšířený nákladový model přípravy formovacích směsí. Cílem tohoto příspěvku je analýza nákladů formovacích směsí vyplývající z jejich nákladové struktury.

**KLÍČOVÁ SLOVA:** nákladový model, formovací směs

**ABSTRAKT:** Submitted article targets the PROJECT IX – Extensive costs model preparations of sand mixture. Aim this paper is cost analyse sand mixtures result from their structure too.

**KEY WORDS:** cista model, sand mixture

## 1 ÚVOD

Na projektu se podílelo šest sléváren se sedmnácti různými formovacími směsmi:

*Jednotná bentonitová formovací směs:* FERAMO METALUM INTERNATIONAL s.r.o., Slévárna a modelárna Nové Ransko, s.r.o. (2 směsi), SPOJENÉ SLÉVÁRNY, spol. s r.o., Krnov.

*Modelová bentonitová formovací směs:* Mencl Guss s.r.o., Slévárna a modelárna Nové Ransko, s.r.o. (2 směsi).

*Výplňová bentonitová formovací směs:* Mencl Gus s.r.o., Slévárna a modelárna Nové Ransko, s.r.o. (2 směsi).

*Samotvrdnoucí směs s vodním sklem:* Slévárny Třinec, a.s., ZPS - SLÉVÁRNA, a.s.

*Samotvrdnoucí furanová směs:* Slévárna a modelárna Nové Ransko, s.r.o. (2 směsi), Mencl Guss s.r.o., DSB EURO s.r.o.

*Jádrová Cold-Box-Amin:* Slévárna a modelárna Nové Ransko, s.r.o.

Dále v textu jsou uvedené slévárny označeny písmeny abecedy.

<sup>1</sup> Ing. Veronika Nykodýmová – Katedra slévárenství, FMFI, VŠB-TU Ostrava

<sup>2</sup> Doc. Ing. Václav Kafka, CSc. – Racio&Racio, Orlová

<sup>3</sup> Ing. Vojtěch Knirsch, Ing. Rostislav Martinák – ZPS-SLÉVÁRNA, a.s., Zlín

<sup>4</sup> Ing. Vladislav Szmek, Ing. Marcel Novobílský – Slévárny Třinec, a.s., Třinec

<sup>5</sup> Ing. Dušan Doupovec, Ing. Kateřina Řeháčková – Mencl Guss s.r.o., Roudnice nad Labem

<sup>6</sup> Ing. Ivo Lána, Ph.D., Ing. Roman Jochim – Slévárna a modelárna Nové Ransko, s.r.o.

<sup>7</sup> Ing. Pavel Veselý, p. Květoslava Řehůrková – DSB EURO s.r.o., Blansko

<sup>8</sup> Ing. Jiří Volek – Spojené slévárny, spol. s r.o., Krnov

<sup>9</sup> Ing. Alois Neudert, Ph.D. – Ashland – Südchemie – CZ, s.r.o., Brno

<sup>10</sup> Ing. Jiří Fošum – České Budějovice

<sup>11</sup> Ing. Jiří Pazderka – KERAMOST, a.s., Obrnice

Projekt IX završuje tříletou práci řešitelských kolektivů Odborné komise ekonomické ČSS, která se věnovala problematice nákladovosti přípravy formovacích směsí. Prvním řešeným problémem v závěrečném projektu bylo porovnání *nákladů formovacích směsí u stejných druhů mezi sebou*. Již z tohoto pohledu vznikla řada námětů k možné nákladové redukci.

Velice pozoruhodným se ukázala analýza *rozdílného dopadu vývoje cen dílčích komponent formovacích směsí v letech 2006 až 2008*. To byla další oblast našeho řešení v rámci tohoto projektu.

V následující části jsme se zaměřili na *analýzu nákladů směsí*. Nejprve jsme *posuzovali vliv sortimentu vyráběných odlitků a vliv zbytkový (označený „slévárny“)*. Dalším krokem bylo *posouzení poměru konstantních a variabilních nákladů* u posuzovaných směsí. Nejrozsáhlejší posuzovanou oblastí bylo na příkladu čtyř směsí *hledání alternativ k jednotlivým technickým nebo technologickým stávajícím řešením*. Za velice zajímavé považujeme porovnání nákladů formovacích směsí zjištěných metodou PROJEKTŮ s obdobnými informacemi získávanými z podnikových controllingů. V závěru šetření se tři slévárny zaměřily na *zavedení tak zvaných nákladových míst*, kde by byly vybrané náklady průběžně s využitím dat účetní evidence sledovány.

Práce byla zakončena návrhem dalšího pokračování šetření nákladové náročnosti výroby odlitků.

Dále se zaměříme na *hledání alternativ k jednotlivým technickým nebo technologickým stávajícím řešením* na příkladu jedné slévárny.

## 2 HLEDÁNÍ ALTERNATIV K TECHNICKÝM NEBO TECHNOLOGICKÝM STÁVAJÍCÍM ŘEŠENÍM VE SLÉVÁRNĚ A

Pro řešení zadaného úkolu jsme vycházeli z detailního rozbor jednotlivých nákladových položek a stanovení technických, organizačních a jiných alternativ vedoucích k možnému snížení nákladů.

### 2.1 NOVÉ OSTŘIVO

Byly navrženy následující alternativy pro možné snížení nákladů:

- 1) Nákup nového mokrého ostřiva od jiného dodavatele.
  - 1.1. Ceny použitelných ostřiv od konkurenčních dodavatelů – 550 Kč/t a 680 Kč/t.
  - 1.2. Použití jiného typu dopravy ostřiva. Při dopravě nákladními auty dojde ke snížení ceny dopravy o cca 70 Kč/t. V tomto případě jde nejen o snížení nákladů absolutních, ale také o pozitivní vliv na cash flow (nákup menších množství). Tato skutečnost může ovlivnit následující body 2 – 4.
- 2) Vykládka ostřiva do zásobníků – hala.
  - 2.1. Vzhledem k uspořádání stávajících prostorů slévárny není alternativní řešení dopravy bez nutnosti složitých stavebních úprav. Při dovozu ostřiva nákladními auty dojde k vysypání nákladu a následnému překládání ostřiva na hromadu jeřábem – k velké úspoře nákladů tedy nedojde. Úsporou by ovšem byla vykládka dovezeného ostřiva z nákladních aut až v této fázi – vynecháním předchozích operací v bodech 2 až 4. Ale vzhledem k množství používaného ostřiva a dodávkám ostřiva od dodavatele není vždy možné provádět tuto výhodnější variantu vykládky.
- 3) Vlastní sušení.
  - 3.1. Použití suchého ostřiva - byly nabídnuty ceny: 1 101 Kč/t od stávajícího dodavatele a 1 250 Kč/t od dalších dvou dodavatelů. Výhoda nákupu suchého ostřiva je, že dovezené množství odpovídá objednanému na rozdíl od dodávky mokrého ostřiva. Náklady na 1 t suchého ostřiva dopraveného k mísiči jsou uvedeny v **Tab. 1**, ř. 1 – 13, sl. 7, činí celkem 1 101 Kč/t suchého ostřiva, což je o 479 Kč/t suchého ostřiva více než při použití mokrého ostřiva a následného sušení ve slévárně. Dalším problémem by mohl být nedostatek suchého ostřiva při nedodání potřebného denního množství ostřiva (ať už vinou dodavatele, dopravce či vinou odstávky našeho regeneračního zařízení) – nelze totiž dělat velké zásoby. To je teoretická „nevýhoda“ požití suchého ostřiva. Ve slévárně je denní průměrná spotřeba cca 60 t nového ostřiva.



- 4) Doprava ostřiva k mísiči. - Transport se provádí pseudopravou do zásobníků ostřiva nad průběžné mísiče. Ostřivo už je smícháno v požadovaném poměru nové ostřivo : regenerát ve směšovací nádobě pod zásobníky ostřiv. *Neuvažuje se o alternativním řešení.* Původně se sice používala pásová doprava ostřiva k mísičům, ale pořízením regeneračního zařízení došlo ke změně právě k současnému systému dopravy ostřiva.

#### Shrnutí:

Při posuzování výrobní fáze nové ostřivo, bylo navrženo pět alternativ. První dvě varianty jsou nákup nového ostřiva od jiného dodavatele. Tato možnost bohužel nepřináší snížení nákladů viz **Tab. 1**, sl. 3, 4. Třetí alternativa (**Tab. 1**, sl. 5), je doprava ostřiva automobilovou dopravou místo vlakové. Při zachování dalšího technologického toku je úspora ve výši 67 Kč/t suchého ostřiva. Čtvrtá alternativa (**Tab. 1**, sl. 6), vychází ze třetí, ale dochází ke změně vykládky a to přímo do zásobníků v hale, náklady se sníží o 85 Kč/t.

Pátou variantou je pořízení suchého ostřiva (**Tab. 1**, sl. 7), při současných podmínkách ve slévárně tato možnost znamená zvýšení nákladů o 470 Kč/t.

**Tab. 1** - Celkové náklady na pořízení nového ostřiva [Kč/t].

ř./sl.	1	Původní náklady	Bod 1.1 jiný dodavatel		Bod 1.2 doprava auty		Suché ostřivo
			3	4	5	6	
1	Nákup ostřiva	200	-	-	200	200	800
2	Doprava ostřiva dodavatel	318	-	-	250	250	300
3	Celkem (ř. 1 + ř. 2)	518	550	680	450	450	1100
4	Vykládka – od dodavatele	8,3	8,3	8,3	8,3	0	0
5	Nakládka z venkovní skládky	8,3	8,3	8,3	8,3	0	0
6	Převoz k zásobníkům	1	1	1	1	0	0
7	Vykládka do zásobníků - hala	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	0
8	Celkem (ř. 4 + ř. 5 + ř. 6 + ř. 7)	26	26	26	26	8,3	0
9	Celkem (ř. 3 + ř. 8)	544,0	576	706	476	458,3	1100
10	Doprava ostřiva k suškám	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	0
11	Vlastní sušení	68,5	68,5	68,5	68,5	68,5	0
12	Doprava suchého ostřiva do zásobníků	3	3	3	3	3	3
13	Doprava ostřiva k mísiči	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6	7,6
14	Celkem (ř. 10 + ř. 11 + ř. 12 + ř. 13)	87,4	87,4	87,4	87,4	87,4	10,6
15	<b>Celkem (ř. 9 + ř. 14)</b>	<b>631</b>	<b>663</b>	<b>793</b>	<b>564</b>	<b>546</b>	<b>1101</b>

## 2.2 REGENERACE

Byly navrženy následující alternativy pro možné snížení nákladů:

- 1) Vlastní regenerační zařízení. Porovnání výroby regenerátu podle tří hledisek:

- 1.1. Z hlediska měrných nákladů na výrobu regenerátu.

- výroba regenerátu ve slévárně A - náklady – 219 Kč/t,
- výroba regenerátu ve slévárně B - náklady - 208 Kč/t, náklady jsou nižší o 11 Kč/t.

- 1.2. Z hlediska dosažených technických parametrů. - Kromě nutného posouzení nákladů na výrobu jednotkového množství regenerátu je nutno také vzít v úvahu dosažených kvalitativních parametrů. V případě formovacích směsí s vodními skly nebo geopolymery je tento fakt zvláště významný. V příložené **Tab. 2** jsou uvedeny výsledky stanovené v laboratoři ve slévárně B v roce 2007.



**Tab. 2 - Technické parametry stanovené v laboratoři**

	Parametry	Slévárna A	Slévárna B
ř./sl.	1	3	2
1	Typ regenerace	pneumatická s přehřevem	mokrá
2	D 50 [mm]	0,44	0,324
3	Odplavitelné látky [%]	1	0,4
4	Na <sub>2</sub> O [%]	0,21	0,12
5	CH <sub>3</sub> COONa [%]	0,181	0,036

Z uvedené tabulky vyplývá, že obsah škodlivých látek je lépe snížen v mokré regeneraci. Nutno však podotknout, že slévárna A v té době uváděla využití regenerátu 70 % zatímco slévárna B pouze 55 %. Tento nesoulad je možno vysvětlit pouze vyššími nároky na technologické vlastnosti formovací směsi ve slévárně B s ohledem na linkovou výrobu s automatickým taktem linky.

- 2.1. Z hlediska skutečného využití regenerátu - ve slévárně A je 81 % (ve směsi 80 %) což je o 12 % (u směsi o 25 %) více než u slévárny B 69 % (ve směsi 55 %). Možné alternativa: porovnání suché x mokré (musí se sušit) regenerace.

### 2.3 POJIVOVÁ SOUSTAVA

- 1) Nákup pojivové soustavy část 1 - vodní sklo - *nepřipadají v úvahu jiná pojiva* než používané vodní sklo Dilab. Externí dopravu zajišťuje dodavatel pomocí cisteren a je součástí dodávky.
- 2) Nákup pojivové soustavy část 2 (esterol) - nabízené ceny se pohybují následovně Triacetin – 44 – 46 Kč/kg, Jeffsol – 49 – 62 Kč/kg. Bude posouzeno.
- 3) Výměna pojivové soustavy.
  - a. Slévárna A **neuvažuje** o používání samotvrdnoucích **furanových směsí** z těchto důvodů:
    - stávající výroba do ST směsi na bázi aditivovaného vodního skla je zvládnuta s dobrými výsledky pro široký sortiment odlitků z LLG a LKG,
    - přechodem na výrobu do furanových směsí vzniká nebezpečí při zabezpečování všech legislativních požadavků na ekologii a manipulaci s odpady, exhalace.....,
    - výroba do furanů by znamenala vysoké investice do strojního zařízení sláven (nové mísiče, zateplení provozů).
  - b. Výroba do ST směsi pojené **geopolymerovým** pojivem (RUDAL) se jeví v podmínkách slévárny B jako méně vhodné než stávající systém. Vzhledem k tomu, že zkušenosti a názory na uplatnění geopolymerů se v řešitelském kolektivu různí, považovali jsme za vhodné uvést pro následující objektivní diskusi všechny známé možnosti.

Pro dosažení srovnatelných pevnostních parametrů je nutno použít cca 2,5 % pojiva a 0,3 % tvrdidla. Ve slévárně je zatím množství pojiva 2,7 % a tvrdidla 0,32 %. Ale pojivo i tvrdidlo je levnější viz **Tab. 3**.

*První varianta:* vodní sklo – 2 %, tvrdidlo 0,28% - ceny použity ze slévárny C.

*Druhá varianta:* vodní sklo – 2 %, tvrdidlo 0,28% - ceny použity od f. Sandteam. Z uvedeného vyplývá, že pouze na materiálových nákladech na pojivový systém by se ušetřilo za 7 měsíců roku 2008 cca 1,5 mil Kč. Úspora na jednu tunu směsi činí 44 Kč. Poznámka - tato úspora téměř přesně koresponduje s výsledkem porovnání ve slévárně B. Tam náklady na pojivový systém s Rudalem jsou o 41 Kč/t směsi nižší než u směsi s vodním sklem Desil S.

*Třetí varianta:* vodní sklo – 2,5 %, tvrdidlo 0,3 % - ceny použity ze slévárny C.

*Čtvrtá varianta:* vodní sklo – 2,5 %, tvrdidlo 0,3 % - ceny použity od f. Sandteam.



Závěr slévárny A:

Tvrdidla pro pojivo RUDAL jsou na bázi esterů kyseliny octové, což není akceptovatelné z hlediska zhoršení kvality regenerátu (zkrácení životnosti směsi), pojivo RUDAL je příliš husté a bude se hůře rozmíchávat na průběžných mísičích (AMD), kde se používá pojivo s měrnou hmotností 1,40 – 1,46 kg/litr.

Závěr – f. Sandteam:

Kvalita regenerátu a náklady na regeneraci: u ST-směsi s geopolymerem odpadá oproti klasickému systému vodní sklo – ester nutnost přehřevu vratného písku před vlastní regenerací. Tímto se šetří jednak pořizovací náklady na přehřívací zařízení, jednak energie potřebná k přehřevu.

Rozmíchání pojivového systému v průběžných mísičích: pojivo i tvrdidlo geopolymerního ST-systému jsou vzhledem ke své hustotě i viskozitě spolehlivě rozmísitelné u současných průběžných mísičů běžně využívaných pro ostatní kapalně pojivové systémy. Např. pojivo Geopol 513 má konzistenci (Ford 4 mm): 25 – 35 s.

Uvedené do jisté míry odlišné výsledky uplatnění geopolymerů budou sloužit k dalšímu vývoji názoru na jejich ekonomické přínosy.

**Tab. 3 - Srovnání nákladů na nákup pojivového systému.**

		Rok 2007		1 – 11 2008	
		Množství [t]	Náklady [Kč]	Množství [t]	Náklady [Kč]
ř./sl.	1	2	3	4	5
1	Vodní sklo	1 233,1	<b>11 512 000</b>	1283,0	<b>12 803 100</b>
2	<b>První varianta</b>				
3	Geopolymer	<b>931,5</b>	13 437 773	<b>970,8</b>	14 633 668
4	Úspora	301,6	-1 925 773	312,2	-1 830 568
5	Procentní vyjádření [%]	24,5	-16,7	24,3	-14,3
6	<b>Druhá varianta</b>				
7	Geopolymer	<b>931,5</b>	10 440 092	<b>970,8</b>	11 269 942
8	Úspora	301,6	1 071 908	312,2	1 533 158
9	Procentní vyjádření [%]	24,5	9,3	24,3	12,0
10	<b>Třetí varianta</b>				
11	Geopolymer	<b>1 143,4</b>	15 341 748	<b>1189,7</b>	16 651 178
12	Úspora	89,7	-3 829 748	93,3	-3 848 078
13	Procentní vyjádření [%]	7,3	-33,3	7,3	-30,1
14	<b>Čtvrtá varianta</b>				
15	Geopolymer	<b>1 143,4</b>	12 100 896	<b>1189,7</b>	13 017 271
16	Úspora	89,7	-588 896	93,3	-214 171
17	Procentní vyjádření [%]	7,3	-5,1	7,3	-1,7

## 2.4 MÍCHÁNÍ KOMPONENT

U výrobní fáze míchání komponent byla navržena následující alternativa pro možné snížení nákladů:

- 1) Výměna mísiče. Směs je míchána v průběžném mísiči. Použitím moderních průběžných mísičů předpokládáme celkové snížení množství pojiva a tvrdidla při výrobě směsi o cca 10 %. Úspora materiálu:

- rok 2007 : 1 151 200 Kč/rok,

- 1÷7/2008 : 765 880,- Kč (tj. cca 1 300 tis. Kč/rok 2008),

- dle roční úspory materiálu a ceny nových mísičů by se dala vyčíslit návratnost při pořízení nového zařízení (demontáž starých zařízení, montáž nových, odpisy, apod.). Opatření je v každém případě ekonomicky příznivé.



## 2.5 DEPONIE

Alternativa - zpracování části odpadů ke stavebním účelům.

Ve slévárně jsou dobré podmínky pro zpracování odpadních směsí a to proto, že s nimi odběratel podniká a přetváří je v druhotné suroviny. Sazba - 156 Kč/t za „uložení“. Navíc u bentonitových směsí se neplatí odběrateli za dopravu. U samotvrdnoucích směsí dopravu platí slévárna. Část (cca 5 % ze všech použitých ostřiv) zpracovaných směsí odebírá slévárna zpět za 70 Kč/t. Zpracované odpadní směsí prodává firma především ke stavebním účelům. Srovnání nákladů na deponie (Tab. 4) při jejich úplném vyvážení na skládku činí 62 Kč/t - viz ř. 3, sl. Pokud vezmeme v úvahu zpracování celého odpadu na druhotnou surovinu, činí náklady 29 Kč/t (ř. 3, sl. 3). Při odvozu poloviny odpadu na skládku a poloviny odpadu odběrateli činí náklady 46 Kč/t (ř. 3, sl. 4), což je o 16 Kč/t méně než při úplném odvozu deponií na skládku.

Tab. 4 - Srovnání nákladů na deponie

		Původní náklady	Zpracování celého odpadu	Zpracování poloviny odpadu
ř./sl.	1	2	3	4
1	Přeprava odpadů z regenerace na deponie	6	6	6
2	Poplatky za ukládání odpadů z regenerace	56	23	40
3	Celkem	62	29	46

## 3 ZÁVĚR

Z výše uvedených úvah vyplývá, že k celkovému snížení NVN přípravy formovací směsí může dojít několika způsoby – a to bez dodatečných nákladů na rekonstrukci stávajících prostor slévárny:

- změnou způsobu dopravy mokrého ostřiva,
- z toho vyplývající změnou způsobu vykládky a skladování ostřiva,
- změnou používaného pojiva a tvrdidla – tato možnost je závislá na vývoji cen nakupovaných pojiv a s nimi souvisejících tvrdidel. Dále na změnách vyvolaných používáním těchto pojiv oproti současnému stavu. Ve slévárně se používá směs na výrobu forem pro odlitky v řádech tun až desítek tun, a proto jsou požadavky na vyšší pevnosti a s tím související předpokládané větší spotřeby surovin. Tato skutečnost může uplatnění námětů na snížení nákladů podmiňovat.

Úsporou by bylo pořízení nových mísičů – ale je zde otázka dodatečných nákladů na jejich pořízení a dalších nutných stavebních prací. Tam je rozhodující otázka návratnosti této investice.

Naopak změnu k lepšímu by nepřinesla změna dodavatele mokrého ostřiva – tato otázka by byla aktuální v případě problémů s kvalitou vyráběné směsí a tudíž z toho plynoucí kvalitou vyráběných odlitků.

Přínosem by nebyl ani nákup suchého ostřiva, který má v podmínkách slévárny A více nevýhod než výhod.

## 4 LITERATURA

- [1] KAFKA, V., NYKODÝMOVÁ, V., MARTINÁK, R. NEUDERT, A., NOVOBÍLSKÝ, M., ŘEHÁČKOVÁ, K., PAZDERKA, J., FOŠUM, J., VOLEK, J., DOUPOVEC, D., KNIRSCH, V., SZMEK, V., VESELÝ, P., ŘEHŮRKOVÁ, K., LÁNA, I., JOCHIM, R.: Rozšířený nákladový model přípravy formovacích směsí. Sborník, 2009, s. 73 - 80.